

[First Hit](#)[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

Generate Collection

Print

L5: Entry 155 of 194

File: JPAB

Apr 4, 2000

PUB-NO: JP02000094182A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000094182 A

TITLE: WELDING MATERIAL FOR MARTENSITIC STAINLESS STEEL

PUBN-DATE: April 4, 2000

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

OGAWA, KAZUHIRO

HIRATA, HIROMASA

MURATA, YOSHIAKI

INT-CL (IPC): B23 K 35/30; B23 K 9/23; C22 C 38/00; C22 C 38/40; C22 C 38/44; C22 C 38/50

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a welding material for martensitic stainless steel having excellent weldability.

SOLUTION: A welding material (a filler material) for martensitic stainless steel has the composition consisting of 0.001-0.015% C, 0.01-1.0% Si, 0.1-1.5% Mn, 7-14% Cr, 0.5-9.0% Ni,  $\leq 0.03\%$  P,  $\leq 0.005\%$  S,  $\leq 0.06\%$  Al, and  $\leq 0.008\%$  O, or in addition, one or more kinds of : 0.01-0.30% Ti, 0.005-0.3% Zr,  $\text{Mo}+1/2$ , 0.5-3.0% W, and the balance Fe with inevitable impurities, and satisfying the inequalities of  $0.004 \leq [\% \text{O}] + 2 \times [\% \text{S}] - \leq 0.012$ , and  $[\% \text{O}] \geq 0.2 \times [\% \text{Al}]$  in terms of 'O content and S content', and 'O content and Al content'.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-94182

(P2000-94182A)

(43) 公開日 平成12年4月4日(2000.4.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード(参考)
B 2 3 K 35/30 9/23	3 2 0	B 2 3 K 35/30 9/23	3 2 0 B 4 E 0 0 1 B
// C 2 2 C 38/00 38/40 38/44	3 0 2	C 2 2 C 38/00 38/40 38/44	3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-269854

(22) 出願日 平成10年9月24日(1998.9.24)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(71) 出願人 390000479

住金溶接工業株式会社

兵庫県尼崎市扶桑町1番17号

(72) 発明者 小川 和博

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 100088270

弁理士 今井 毅

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルテンサイト系ステンレス鋼用溶接材料

## (57) 【要約】

【課題】 優れた溶接施工性を有するマルテンサイト系ステンレス鋼用溶接材料を提供する。

【解決手段】 マルテンサイト系ステンレス鋼用の溶接材料(溶加材)を、C: 0.001 ~ 0.015%, Si: 0.01 ~ 1.0%, Mn: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 7 ~ 14%, Ni: 0.5 ~ 9.0%, P: 0.03%以下, S: 0.005%以下, Al: 0.06%以下, O: 0.008%以下を含有するか、あるいは更に Ti, Zr, Mo及びWの1種以上を

Ti: 0.01 ~ 0.30%, Zr: 0.005 ~ 0.3%, Mo +  $\frac{1}{2}$  W: 0.5 ~ 3.0

の範囲で含むと共に、残部がFe及び不可避不純物から成り、かつ“O含有量とS含有量との関係”及び“O含有量とAl含有量との関係”がそれぞれ

$$0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012,$$

$$[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al]$$

なる式を満たす構成とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量割合にてC：0.001～0.015%、  
Si：0.01～1.0%、Mn：0.1～1.5%、Cr：7～14  
%、Ni：0.5～9.0%、P：0.03%以下、S：0.0  
05%以下、Al：0.06%以下、O：0.008%以下を含\*

$$0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012 \quad \cdots(1)$$

$$[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al] \quad \cdots(2)$$

【請求項2】 重量割合にてC：0.001～0.015%、  
Si：0.01～1.0%、Mn：0.1～1.5%、Cr：7～14  
%、Ni：0.5～9.0%、P：0.03%以下、S：0.0  
05%以下、Al：0.06%以下、O：0.008%以下を含  
有し、更にTi：0.01～0.30%、Zr：0.005～0.3%の  
うちの1種又は2種をも含むと共に残部がFe及び不可避\*

$$0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012 \quad \cdots(1)$$

$$[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al] \quad \cdots(2)$$

【請求項3】 鋼の構成成分であるFeの一部に代え、Mo  
及びWの何れか又は双方を重量割合にて  
Mo+1/2W：0.5～3.0

の範囲で含有することを特徴とする、請求項1又は2に  
記載の溶接施工性に優れたマルテンサイト系ステンレス  
鋼用溶接材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、マルテンサイト系  
ステンレス鋼を溶接する際に優れた溶接施工性を発揮する  
溶接材料に関するものである。

## 【0002】

【従来技術とその課題】近年、エネルギー需要の増大か  
ら湿潤な炭酸ガスや硫化水素を含有する石油、天然ガス  
にまで開発・生産の手が延びているが、これに伴い、石  
油あるいは天然ガス輸送用ラインパイプやこれらを貯蔵  
する容器等の炭酸ガス含有環境における腐食が問題とな  
っている。そこで、このような炭酸ガス含有環境におけ  
る腐食問題に対処すべく、11～13%程度（以降、成分割  
合を表す%は重量%とする）のCrを含有させた高Crマル  
テンサイト系ステンレス鋼が提案された。この高Crマル  
テンサイト系ステンレス鋼は、鋼に11～13%程度のCrを  
含有させることで炭酸ガス含有環境等での耐食性を確保  
し、かつ強度と靱性を確保するために焼入れ処理を施し  
て組織をマルテンサイト組織とし使用に供されるもので  
あって、経済性に優れた耐食性材料として注目を集めて  
いる。

【0003】しかし、一般にマルテンサイト系ステンレ  
ス鋼は溶接性に劣り、溶接構造部材として適用する場合  
には溶接時の加熱冷却に伴う硬いマルテンサイト組織の  
生成によって“溶接部の靱性低下”や“溶接割れの発  
生”が問題となりやすい。

【0004】ただ、これらの問題に対し、例えば「川崎  
製鉄技報、Vol 29, No 2 (1997)、第34～40頁」には、  
鋼中のC、Nをそれぞれ0.01%程度に抑えることにより★50

\*むと共に残部がFe及び不可避不純物から成り、かつ“O  
含有量とS含有量との関係”及び“O含有量とAl含有量  
との関係”がそれぞれ下記(1)式及び(2)式を満たして  
いることを特徴とする、溶接施工性に優れたマルテンサ  
イト系ステンレス鋼用溶接材料。

※不純物から成り、かつ“O含有量とS含有量との関係”  
及び“O含有量とAl含有量との関係”がそれぞれ下記  
(1)式及び(2)式を満たしていることを特徴とする、溶  
接施工性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼用溶接  
材料。

★解決できるとの報告がなされている。

【0005】また、特開平9-295185号公報に  
は、高Crマルテンサイト系ステンレス鋼の溶接に供され  
る共金系溶接材料（溶接ワイヤ）の「Cr当量/Ni当量」  
比を適正化することで上記問題が解決されるという報告  
が見られる。

【0006】しかしながら、前述の高Crマルテンサイ  
ト系ステンレス鋼を炭酸ガス含有環境で使用する石油、天  
然ガスの輸送用ラインパイプ等といった溶接構造部材に  
適用することを考慮した場合には、十分な“使用性能”  
と“溶接時の耐割れ性”が要求されるのは勿論である  
が、できるだけ広範囲な溶接条件で容易に溶接できるこ  
と（即ち優れた溶接施工性（作業性）を有しているこ  
と）も実際上の重要な要件となる。なお、ここで言う  
「溶接施工性」とは、「溶接部表面の凹み」、「溶接金  
属の溶け落ち」、「裏面ビードの未形成」のない適正な形  
状の溶接ビードが広範囲の溶接条件で容易に得られるこ  
と」を指すものである。

【0007】しかるに、マルテンサイト系ステンレス鋼  
は、この溶接施工性にも劣る材料であり、特に該材料か  
ら成る鋼管を固定して円周溶接する所謂「全姿勢溶接」  
時に“ビードの凹み”や“溶接金属の溶け落ち”が生じ  
やすい。そして、これらを防止するために溶接入熱を低  
減した場合には、今度は“裏面ビードの未形成”を生じ  
やすくなる。

【0008】このようにマルテンサイト系ステンレス鋼  
は適正溶接条件範囲の極めて狭い材料であり、そのた  
め、前述のように従来から母材組成や溶接材料（溶加  
材）面からの工夫がなされてきて“特定使用環境での性  
能確保”や“溶接時の割れ防止”等の点で改善が認めら  
れるものの、溶接施工性の点で十分に満足できる結果は  
得られていない。

【0009】そこで、本発明の目的は、高Crマルテンサ  
イト系ステンレス鋼に優れた溶接施工性を確保する手段  
を提供することに置かれた。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、「高Crマルテンサイト系ステンレス鋼をアーク溶接する際に裏波が不安定となるのは、溶融池後方（即ち溶接終了直後の部分）でマルテンサイト変態による熱膨張が生じ、その結果溶融池が不安定となることに起因しており、この現象は溶接材料を通じて溶融池中のS、O及びAl量が特定の範囲となるように調整することで改善できる」という新しい知見を得ることができた。そして、更に次の事項を確認するに至った。

【0011】(a) マルテンサイト系ステンレス鋼のアーク溶接においてS、Oの低減は溶融池そのものの安定度向上に効果的であり、S、O低減の効果を得るためには共金系溶接材料（溶加材）を用い、かつ特に該溶接材料の化学組成が「 $[\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012$ 」なる条件を満たす必要がある。

(b) しかし、溶接材料中のS、Oを低減し過ぎると溶接時の溶け込み深さを十分に確保できなくなって裏面ビードの未形成や融合不良などを生じやすくなり、かえって溶接作業性を劣化させる。これを防止して十分な溶け込み深さを確保するには、溶接材料中のSとOの含有量は「 $0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S]$ 」なる条件を満たす必要がある。

$$0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012 \quad \cdots(1)$$

$$[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al] \quad \cdots(2)$$

なる式を満たしている構成とすることによって、優れた溶接部の耐食性、強度が確保されることは勿論のこと、十分に満足できる溶接施工性をも発揮できるようにした点に大きな特徴を有している。

【0015】このように、本発明によれば、炭酸ガス含有環境等で使用されるマルテンサイト系ステンレス鋼溶接構造部材として必要な耐食性、強度、靱性等を備えた溶接部を優れた溶接施工性（広範囲の溶接条件にわたって溶接部表面の凹みや溶接金属の溶け落ちを生じることがなく、また良好な裏波ビードを安定形成しつつ溶接できる性能）の下で実現することが可能な溶接材料を提供することができるが、以下、本発明において溶接材料の化学組成を前記の如くに限定した理由をその作用と共に説明する。

## 【0016】

## 【作用】a) C含有量

C含有量が0.015%を超えると、他の添加元素の量にもよるが、焼入れのままの鋼材溶接部のマルテンサイト率が95%以上となって硬度がHRC26を超えてしまい、カソード防食下での割れを生じる傾向が強くなるため、C含有量の上限を0.015%と定めた。なお、C含有量は低ければ低いほど性能（例えば溶接のままの靱性等）的には好ましいが、溶接材料（鋼）製造時の経済性を考慮して0.001%を下限と定めた。

\*【0012】(c) 更に、Oによる溶け込み深さ確保効果を発揮させるためには溶融池でAlと結合する量以上に溶融池中にOが溶解していることが重要であり、このためには溶接材料中のOとAlの含有量が「 $[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al]$ 」なる条件を満たしていることが必須である。

【0013】(d) 一方、上述のような溶接材料に対する適量のTi又はZrの添加は、焼入れ焼戻し後の溶接部靱性及び溶接部強度の確保に有効な手立てとなる。

(e) また、上記溶接材料中に適量のMo又はWを添加することは、溶接部の炭酸ガス環境中での局部腐食抑制に有効な手立てとなる。

【0014】本発明は、上記知見事項等に基づいてなされたものであり、「マルテンサイト系ステンレス鋼用溶接材料を、C：0.001～0.015%、Si：0.01～1.0%、Mn：0.1～1.5%、Cr：7～14%、Ni：0.5～9.0%、P：0.03%以下、S：0.005%以下、Al：0.06%以下、O：0.008%以下を含有するか、あるいは更にTi、Zr、Mo及びWの1種以上をTi：0.01～0.30%、Zr：0.005～0.3%、Mo+1/2W：0.5～3.0

の範囲で含むと共に、残部がFe及び不可避不純物から成り、かつ“O含有量とS含有量との関係”及び“O含有量とAl含有量との関係”がそれぞれ

\*【0017】b) Si含有量

Siは脱酸成分として必要な元素であるが、その含有量が0.01%未満では十分な脱酸効果が得られず、一方、1.0%を超えて含有させると熱間加工性が劣化することから、Si含有量は0.01～1.0%と定めた。

【0018】c) Mn含有量

Mnも脱酸成分として必要な元素であるが、その含有量が0.1%未満では十分な脱酸効果が得られず、一方、1.5%を超えて含有させるとやはり熱間加工性の劣化を招くことから、Mn含有量は0.1～1.5%と定めた。

【0019】d) Cr含有量

Crには溶接部の耐炭酸ガス腐食性を向上させる作用があるが、その含有量が7%未満では十分な耐炭酸ガス腐食性を確保することができず、一方、14%を超えてCrを含有させると溶接部に焼き入れのままでマルテンサイト相を得ることが困難となり、構造材としての強度、靱性の確保が難しいことから、Cr含有量は7～14%と定めた。

【0020】e) Ni含有量

Niは溶接のままの溶接金属におけるフェライト率を5%未満に抑えて靱性と耐食性を確保するのに必要な成分であり、そのためには0.5%以上含有させる必要があるが、過剰に添加すると残留オーステナイト量が増加して強度低下を招くようになる。従って、Ni含有量は0.5～9.0%と定めた。

## 【0021】f) P含有量

Pは製鋼時に鋼中へ不可避免的に混入する不純物元素であるが、溶接材料中のP含有量が0.03%を超えると硫化水素環境での硫化物割れ性が高まるので、P含有量の上限を0.03%と定めた。

## 【0022】g) S含有量

Sも製鋼時に鋼中へ不可避免的に混入する不純物元素であって、溶接時の高温割れ感受性、更には多層溶接時の再熱割れ感受性を上昇させることから、その含有量は0.05%以下に抑える必要がある。加えて、本発明においては、溶接施工性の点からS含有量をO含有量との関係で更に特定の領域に制御することを重要な要件とするが、その制御領域及び詳細な理由については後述する。

## 【0023】h) O含有量

Oも製鋼時に鋼中へ不可避免的に混入する不純物元素であり、酸化物を生成して鋼の熱間加工性を劣化させることから、その含有量は0.008%以下に抑える必要がある。そして、本発明においては、O含有量についても溶接施工性の点からS含有量との関係で更に特定の領域に制御することが必要であるが、その制御領域及び詳細な理由については後述する。

## 【0024】i) Al含有量

Alは強力な脱酸作用を有しているので製鋼時に脱酸剤として添加される元素であり、十分な脱酸効果確保するためには鋼中に少なくとも0.004%以上、より好ましくは0.006%以上残留していることが望まれるが、過剰に含有されると鋼の延性、靱性を劣化させると共に、溶接時に溶接スラグを生成する原因となって溶接ビードの美観を損なうようになる。そのため、Al含有量は0.06%以下と定めたが、望ましくは0.04%以下に規制すべきである。加えて、本発明においては、溶接施工性の点からAl含有量をO含有量との関係で更に特定の領域に制御することを重要な要件とするが、その制御領域及び詳細な理由については後述する。

## 【0025】

j)  $0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012$

先にも説明したように、マルテンサイト系ステンレス鋼のアーキ溶接やPAW溶接等といった溶融溶接の際に裏波が不安定となるのは、溶融池後方（溶接終了直後の部分）でマルテンサイト変態による熱膨張が生じ、その結果溶融池が不安定となるためであるが、本発明者等は「溶融池の不安定は溶接材料中のS、O、Al量を適正範囲とすることで改善できる」ということを見出した。即ち、溶接材料中のO、Sを「 $[\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012$ 」の領域に低減することにより溶融金属の対流が緩和され、マルテンサイト変態による溶融池後方での熱膨張と呼応して生じていた溶融池の揺動が防止され、結果として全姿勢溶接で欠陥のない裏波が形成される。しかし、O、Sは溶接時の溶け込み深さに影響を及ぼす元素である。そして、十分な溶け込み深さを得、良好な

溶接施工性を得るためには、O、S量が「 $0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S]$ 」を満足する必要がある。このことから、本発明ではO及びSの含有量を「 $0.004 \leq [\%O] + 2 \times [\%S] \leq 0.012$ 」の範囲に調整することと定めた。

【0026】k)  $[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al]$ 

上述したOに絡む「溶け込み深さの確保」と「溶融池安定化効果の発揮」のためには、溶融池でAlと結合せずに溶解しているOを確保する必要がある。しかしながら、溶接材料中のO含有量がAl含有量の $1/5$ 未満であると溶融池に溶解するO量が不足し、十分な溶け込み深さが確保されない。このようなことから、本発明ではO及びAlの含有量を「 $[\%O] \geq 0.2 \times [\%Al]$ 」の範囲に調整することと定めた。

## 【0027】l) Ti含有量及びZr含有量

Ti及びZrは何れも鋼中のCを固定して焼入れ焼戻し後における溶接部の靱性、強度を確保する有効な元素であるので、本発明では必要に応じてTi、Zrの何れか又は双方を含有させるが、Tiの場合にはその含有量が0.01%未満、そしてZrの場合にはその含有量が0.005%未満であると添加効果が十分でなく、一方、Ti含有量が0.30%を、そしてZr含有量が0.3%を超えると溶接高温割れ感受性が増大する。従って、Ti含有量については0.01~0.30%と、またZr含有量については0.005~0.3%と、それぞれ含有量範囲を限定した。

## 【0028】m) Mo含有量及びW含有量 %

Mo及びWは、何れもCrの共存下で鋼の炭酸ガス環境での局部腐食を防止する作用を有しているため、本発明では必要に応じてMo、Wの何れか又は双方を含有させて溶接部の耐食性改善を図る。この場合、炭酸ガス環境での局部腐食防止にはWの方がMoの2倍の割合で作用する。しかし、それらの含有量が「 $Mo + 1/2 W$ 」で0.5%未満の場合には十分な耐局部腐食性を示さず、一方、「 $Mo + 1/2 W$ 」で3.0%を超える量を含有させても耐局部腐食性の向上傾向が鈍化するので経済上好ましくない。従って、Mo、Wの含有量は「 $Mo + 1/2 W$ 」で0.5~3.0%と定めた。

【0029】次いで、本発明を実施例によって更に具体的に説明する。

【実施例】まず、表1に示す18種類の高Crマルテンサイト系ステンレス鋼を溶製し、常法通りにこの鋼片を線材に加工して溶接ワイヤ（溶接材料）を得た。一方、これとは別に、表1に示す18種類の高Crマルテンサイト系ステンレス鋼の鋼片からそれぞれ常法に従って外径168mm、厚さ12mmの鋼管を製造した。続いて、同じ鋼種の鋼管をV開先にて突き合わせ、そのまま水平に固定してから、前記溶接ワイヤを用い、その全周を360°の全姿勢でTIG溶接による初層溶接した。なお、溶接ワイヤは母材鋼管と同一鋼種のものを用いた。

【0030】また、溶接は、次の3条件を適用して鋼管

1種類につき3通り実施した。

〈溶接条件〉

条件1…溶接電流130A、溶接電圧12V、溶接速度  
15cm/min。

条件2…溶接電流160A、溶接電圧13V、溶接速度\*

\*15cm/min。

条件3…溶接電流200A、溶接電圧16V、溶接速度  
15cm/min。

【0031】

【表1】

表 1

鋼 種	化 学 成 分 (重量%)													0.2×[Al]	[O]+2×[S]
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	O	Ti	Zr	Mo	W		
本 発 明 例	A <sub>1</sub>	0.010	0.02	0.16	0.010	0.003	11.6	1.9	0.007	0.002	—	—	—	0.0014	0.008
	A <sub>2</sub>	0.012	0.15	0.30	0.014	0.002	11.3	2.1	0.021	0.006	0.03	—	—	0.0042	0.010
	A <sub>3</sub>	0.008	0.20	0.54	0.005	0.001	11.3	1.8	0.033	0.007	—	0.02	—	0.0066	0.009
	A <sub>4</sub>	0.010	0.15	0.37	0.007	0.002	11.5	2.2	0.010	0.003	0.04	0.01	—	0.002	0.007
	A <sub>5</sub>	0.005	0.11	0.15	0.009	0.003	11.2	3.3	0.015	0.004	—	—	0.53	0.003	0.010
	A <sub>6</sub>	0.011	0.19	0.20	0.008	0.0005	12.7	5.2	0.006	0.008	—	—	0.94	0.0012	0.009
	A <sub>7</sub>	0.015	0.08	0.33	0.011	0.001	11.8	4.5	0.006	0.003	—	—	0.75	0.0012	0.005
	A <sub>8</sub>	0.011	0.08	0.21	0.013	0.002	11.8	2.9	0.015	0.004	—	—	0.58	0.003	0.008
	A <sub>9</sub>	0.010	0.12	0.25	0.015	0.002	11.5	7.8	0.016	0.006	—	—	2.48	0.0032	0.010
	A <sub>10</sub>	0.009	0.22	0.28	0.017	0.002	11.7	8.1	0.015	0.004	—	—	—	0.003	0.008
	A <sub>11</sub>	0.011	0.09	0.28	0.018	0.001	12.3	8.6	0.017	0.004	—	—	1.0	0.0034	0.010
	A <sub>12</sub>	0.010	0.11	0.15	0.015	0.002	11.8	7.9	0.019	0.005	0.12	—	2.50	0.0038	0.009
	A <sub>13</sub>	0.010	0.12	0.30	0.015	0.003	11.9	5.2	0.010	0.004	—	0.11	0.92	0.002	0.010
比 較 例	B <sub>1</sub>	0.010	0.12	0.28	0.005	0.005	12.1	3.2	0.006	0.007	—	—	—	0.0012	* 0.017
	B <sub>2</sub>	0.010	0.14	0.30	0.008	0.002	10.5	5.1	0.015	0.002	—	—	—	* 0.003	0.006
	B <sub>3</sub>	0.012	0.20	0.12	0.003	0.003	11.7	1.9	0.035	0.005	—	—	—	* 0.007	0.011
	B <sub>4</sub>	0.013	0.08	0.23	0.003	0.001	11.8	1.8	0.004	0.001	—	—	—	0.0008	* 0.003
	B <sub>5</sub>	0.012	0.06	0.37	0.007	0.0005	11.3	2.1	0.008	0.002	—	—	—	0.0016	* 0.003

(注1) 残部成分はFe及び不溶不純物である。

(注2) \*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

【0032】次に、溶接を終了した各鋼管について「溶接施工性」の評価を行った。なお、「溶接施工性」の評価は、各溶接条件にて得られたビードが適正な溶接部形状をなしているか否かで判断した。ここでの「適正な溶接ビード形状」とは、まず全周にわたり裏面ビードが形成されているかどうかを目視にて観察し、全溶接線について裏面ビードが形成されているものを合格とした。

【0033】更に、合格した溶接継手に対してのみ、時計の12時及び6時に相当する位置の横断面を切断・現出させ、溶接部形状を測定した。そして、裏面側の余盛り高さが0mm以上（即ち凹んでいない）3.0mm以下となるものを合格とした。表2、表3及び表4に、溶接施工性の評価結果を示す。

【0034】この表2、表3及び表4に示される結果からも明らかなように、本発明の規定条件を満たすA<sub>1</sub>～A<sub>13</sub>鋼より成る溶接ワイヤを用いた場合には、何れも広範囲な溶接条件で適正な形状の溶接ビードが得られており、優れた溶接施工性を有していることが分かる。

【0035】これに対して、化学組成が本発明の規定条※

※件を満たしていないB<sub>1</sub>～B<sub>5</sub>鋼より成る溶接ワイヤを用いた場合には、何れも溶接施工性に劣ることが分かる。即ち、鋼種がB<sub>1</sub>のものでは「[%O]+2×[%S]」が0.017%と過大なため、マルテンサイト変態に伴う溶融池不安定によって6時位置で裏波高さが不芳（凹み）となり、適正な溶接ビード形状が得られていない。

【0036】また、鋼種がB<sub>2</sub>及びB<sub>3</sub>のものでは“O量”が“Al量の0.2倍”に対し不足しており、何れも溶接条件1、2では十分な溶け込みが得られず、また溶接条件3のように電流を高めると12時位置で過大な裏波高さとなり、適正な溶接ビード形状が得られなかった。

【0037】そして、鋼種がB<sub>4</sub>及びB<sub>5</sub>では「[%O]+2×[%S]」が0.003%と低いため、何れも溶接条件1、2では十分な溶け込みが得られず、また溶接条件3のように電流を高めると12時位置で過大な裏波高さとなり、適正な溶接ビード形状が得られなかった。

【0038】

【表2】

試験 番号	通用 鋼種	溶接条件	溶接部形状 (裏面ビード余盛り高さ)	
			12時位置	6時位置
本 発 明 例	1	A <sub>1</sub>	条件1	○
	2		条件2	○
	3		条件3	○
	4	A <sub>2</sub>	条件1	○
	5		条件2	○
	6		条件3	○
	7	A <sub>3</sub>	条件1	○
	8		条件2	○
	9		条件3	○
	10	A <sub>4</sub>	条件1	○
	11		条件2	○
	12		条件3	○
	13	A <sub>5</sub>	条件1	○
	14		条件2	○
	15		条件3	○
	16	A <sub>6</sub>	条件1	○
	17		条件2	○
	18		条件3	○
	19	A <sub>7</sub>	条件1	○
	20		条件2	○
	21		条件3	○

(注1) 溶接条件の種類は次の通りである。

条件1 : 130A×12V×15cm/min.

条件2 : 160A×13V×15cm/min.

条件3 : 200A×16V×15cm/min.

(注2) 裏面ビード余盛り高さは次の記号で表示した。

○ : 良好 (裏波高さが0~0.3mm).

× : 不芳 (裏波高さが0mmより低いか 0.3mmよりも高い).

×× : 一部裏面ビード未形成。

試験 番号	適用 鋼種	溶接条件	溶接部形状 (裏面ビード余盛り高さ)	
			12時位置	6時位置
本 発 明 例	A <sub>9</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○
	A <sub>9</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○
	A <sub>10</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○
	A <sub>11</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○
	A <sub>12</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○
	A <sub>13</sub>	条件1	○	○
		条件2	○	○
		条件3	○	○

(注1) 溶接条件の種別は次の通りである。

条件1 : 130A×12V×15cm/min.

条件2 : 160A×13V×15cm/min.

条件3 : 200A×16V×15cm/min.

(注2) 裏面ビード余盛り高さは次の記号で表示した。

○ : 良好 (裏面高さが0~0.3mm).

× : 不良 (裏面高さが0mmより低いか0.3mmよりも高い).

×× : 一部裏面ビード未形成。



試験 番号	適用 鋼種	溶接条件	溶接部形状(裏面ビード余盛り高さ)	
			12時位置	6時位置
比 較 例	B <sub>1</sub>	条件1	○	×
		条件2	○	×
		条件3	×	×
	B <sub>2</sub>	条件1	×	×
		条件2	×	×
		条件3	×	×
	B <sub>3</sub>	条件1	×	×
		条件2	×	×
		条件3	×	×
	B <sub>4</sub>	条件1	×	×
		条件2	×	×
		条件3	×	×
	B <sub>5</sub>	条件1	×	×
		条件2	×	×
		条件3	×	×

(注1) 溶接条件の種類は次の通りである。

条件1 : 130A×12V×15cm/min.

条件2 : 160A×13V×15cm/min.

条件3 : 200A×16V×15cm/min.

(注2) 裏面ビード余盛り高さは次の記号で表示した。

○ : 良好(裏面高さが0~0.3mm).

× : 不良(裏面高さが0mmより低いか0.3mmより高い).

×× : 一部裏面ビード未形成。

【0041】なお、これらとは別に、上記試験と同じ鋼種の溶接ワイヤ及び鋼管を用いてMIG溶接による同様の試験も実施したが、この試験においても本発明の規定条件を満たす溶接ワイヤを使用した場合のみが広範囲な溶接条件にわたって適正な溶接部形状を得られることが確認された。また、試験に使用した何れの鋼種の溶接ワイヤで得られた溶接部も、炭酸ガス含有環境において使用する石油や天然ガスの輸送用ラインパイプ等として十分な耐食性及び強度、靱性を備えていたことは確認済み\*

\*ある。

30 【0042】

【効果の総括】以上に説明した如く、この発明によれば、炭酸ガス含有環境等における耐食性が良好で、かつ優れた溶接施工性を有するマルテンサイト系ステンレス鋼用溶接材料を提供することができ、使用条件が益々苛酷化する石油、天然ガスの輸送用ラインパイプや貯蔵用容器等の性能向上に大きく寄与し得るなど、産業上有用な効果がもたらされる。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

)

C 22 C 38/50

C 22 C 38/50

(72)発明者 平田 弘征

(72)発明者 村田 義明

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

兵庫県尼崎市扶桑町1丁目17番地 住金溶  
接工業株式会社内

Fターム(参考) 4E001 AA03 BB07 CA03 CC03 QA02